

电视和调频广播发射天馈线系统及其安装与维护

田甜

内蒙古自治区广播电视传输发射中心赤峰 762 台, 内蒙古 赤峰 024000

[摘要] 电视和调频广播发射天馈线系统是电视和调频广播的重要组成部分, 保持良好的工作性能对广播电视安全播出起到了至关重要的作用。天线的安装和维护是天馈线系统实施中特别重要的一个过程, 也是有可能影响系统稳定性的重要过程。文中以电视调频天馈线系统为例, 简要介绍天馈线系统及其安装与维护。

[关键词] 电视调频广播; 天馈线系统; 安装与维护

DOI: 10.33142/sca.v5i5.7316

中图分类号: TN948.53

文献标识码: A

TV and FM Radio Transmitting Antenna Feeder System and Its Installation and Maintenance

TIAN Tian

Chifeng 762, Radio and Television Transmission Center of Inner Mongolia Autonomous Region, Chifeng, Inner Mongolia, 024000, China

Abstract: The antenna feeder system of TV and FM broadcasting is an important part of TV and FM broadcasting, and maintaining good working performance plays a vital role in the safe broadcasting of radio and TV. The installation and maintenance of antenna is a particularly important process in the implementation of antenna feeder system, which may also affect the stability of the system. Taking TV FM antenna feeder system as an example, this paper briefly introduces the antenna feeder system and its installation and maintenance.

Keywords: TV FM broadcasting; Antenna feeder system; installation and maintenance

1 电视和调频广播发射天馈线系统简介

1.1 天线系统 (antenna system)

天线系统是由发射天线单元以及分馈电缆、功率分配器、移相器、调配器、测试节、接插件等构成的发射系统。

1.2 天线的技术指标

1.2.1 天线的方向性

天线的方向性可采用方向图、方向图主瓣的宽度、方向性系数等参数进行描述, 具有指定方向性的天线能够更加高效率的进行电频的发送和接收。

1.2.2 方向性系数

方向性系数代表的是电磁波在某一个固定方向的辐射强度。

天线方向性系数因观察方向和辐射强度不同而变化, 通常在天线辐射最大电场方向, 天线的方向性系数最大。

1.2.3 电压驻波比

馈电线终端接负载时, 由于负载阻抗与馈电线的特性阻抗不完全匹配, 在馈电线上会产生电压驻波。驻波电压的最大值与最小值之比, 称为电压驻波比(简称驻波比), 用符号 VSWR 表示。

对于电视发射天馈线系统, 要求驻波比要优于 1.10, 驻波比较大容易产生“重影”; 对于单声道调频发射天馈线系统, 驻波比可达到 1.2; 而调频立体声发射天馈线系统, 则要求驻波比越小越好, 并且需要足够的带宽。调频立体声发射天馈线系统若匹配不好, 则会对立体声效果又

较为严重的影响, 系统分离度会下降。

对于电视和调频广播发射天馈线系统电压驻波比过大, 会缩短通信距离, 反射功率会返回至发射机的功放单元, 容易造成功放管的损坏。

1.2.4 天线极化

天线极化表示天线辐射电磁波矢量空间指向。简单的说, 就是天线被激励时, 辐射波的极化。未规定方向时, 极化为最大增益方向的极化。一般以电场的变换方向为天线的极化方式, 根据电场方向可分为线极化、圆极化和椭圆极化等。

早期的电视和调频广播基本采用水平极化方式, 进入 21 世纪, 随着城市的发展, 电波受建筑物的遮挡和反射日趋严重, 开始使用垂直极化或圆极化。场强测试表明, 垂直极化方式与水平极化方式相比, 覆盖场强略有下降。圆极化则存在水平极化和垂直极化两个分量, 即使遇到楼群反射, 也只是垂直和水平分量的对换不影响接收。当然, 圆极化相对于水平或垂直单一极化方式, 覆盖范围会有所下降。所以, 为了提高调频广播的有效覆盖范围及辐射范围, 通常会把天线安装在距离地面较高的地方。

1.2.5 阻抗匹配

当辐射终端与发射机输出阻抗不匹配时, 就需要进行阻抗匹配, 否则将造成反射过大。这就需要用到阻抗匹配器, 也叫做阻抗变换器或功率分配器。按照不同的设计要求, 可分为等功率分配器和不等功率分配器两种形式。发

射天线系统中常用的为同轴功率分配器，如图 1。

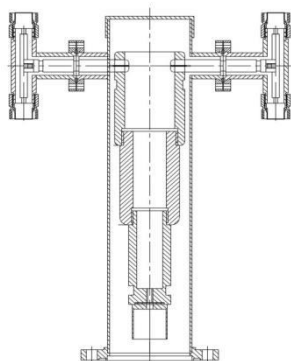


图 1 同轴功率分配器

1.3 电视和调频广播发射天线

调频广播的频段属于甚高频 VHF，频率范围是 87MHz~108MHz，介于电视 VHF 的 I、III 波段之间，所以调频发射天线可直接使用电视 VHF 波段的发射天线。调频天线可采用水平极化、垂直极化和圆极化方式，一般采用单偶极子发射天线和双偶极子发射天线。

电视发射天线通常采用水平极化方式和垂直极化方式，一般采用四偶极子发射天线、缝隙天线、垂直一体化天线等。蝙蝠翼天线也在电视和调频广播天线中被广泛应用。

1.4 馈线系统 (feeder system)

馈线系统主要包括主馈线、分馈线（或分支线）、开关板、接插件、 $\lambda/4$ 阻抗变换器以及功分器等，是连接发射机与天线的设备，有时也称为馈电设备。它的作用对调频、电视发射系统而言，就是要把调频发射机、电视发射机包括由视差转机输出的能量馈送到天线振子上。

为使天线振子能够获得最大的馈送功率，要求馈线与天线阻抗匹配，在馈送能量过程中，损耗要小，这样可使发射机输出功率尽可能馈送到天线振子上。同时，要求馈线系统在馈送能量传输过程中不向外辐射，即屏蔽要好，且要有足够的功率容量。结构方面要求要有一定的机械强度，防水、防潮性能要好。

根据传送能量的情况和用途来看，馈线通常分为主馈线和分馈线两种。其中就调频、电视发射系统而言，主馈线是指从调频发射机、电视发射机或多工器输出到连接分馈线或功分器的线段，在馈电方式为单馈的情况下，只用一根。通常采用与调频发射机、电视发射机或多工器输出相同的阻抗、损耗小、功率容量和耐压都能满足要求的馈线，且长度尽可能为频道中心波长的整数倍。而分馈线则是指从主馈线或功分器到连接天线振子的线段，通常为多根。一般要求分馈线应尽可能短，长度也应为频道中心波长的整数倍。

馈线通常会用特性阻抗、衰减量、功率容量及耐压等参数来表征，通常采用同轴结构，称为同轴馈电线。常用的有同轴电缆和同轴馈管等。

2 天馈线系统的安装

天线有不同种类，但是针对安装有着共同要求，安装前要对发射天线、馈管等进行测试，确保驻波比能够达到要求的技术指标。

2.1 技术指标

2.1.1 主馈电缆的驻波比及损耗

①用于地面模拟电视广播的主馈电缆，在 VHF/UHF 电视频段的实际工作频道内驻波比 ≤ 1.08 。

②用于调频广播的主馈电缆，87MHz~108MHz 段驻波比 ≤ 1.08 。

③用于地面数字广播电视的主馈电缆，在 VHF/UHF 广播电视频段的实际工作频道内驻波比 ≤ 1.10 。

④副天线的主馈电缆在工作状态的总损耗 $\leq 2.5\text{dB}$ 。

2.1.2 天馈线系统的气密性

在发射机房主馈电缆（不含实芯绝缘电缆）输入端充入 30kPa 气压的干燥空气或氮气，24 小时后气压应不低于 25kPa。

2.1.3 天馈线系统的直流电阻

①当主馈电缆长度 $\leq 100\text{m}$ 时，天馈线系统输入端的直流电阻值实测标准：

直流电阻 $\leq 0.1\Omega$ （标称功率 $\geq 10\text{kW}$ ）；

直流电阻 $\leq 0.15\Omega$ （标称功率 $< 10\text{kW}$ ）。

当主馈电缆长度 $> 100\text{m}$ 时，实测的直流电阻值应小于下表数值与主馈电缆加长部分的理论电阻之和。

表 1 数值表

项 目	电视单频道/调频广播单频发射机标称功率 (KW)	
	≥ 10	< 10
直流电阻 Ω	≤ 0.1	≤ 0.15

2.1.4 接插件要求

天馈线系统所用接插件均应符合国家标准《通用硬同轴传输线及其法兰连接器总规范》GB6643、《通用硬同轴传输线及其法兰连接器详细规范》GB6644，及《射频连接器 第 4 部分：外导体内径为 16mm(.63in)、特性阻抗为 50 Ω 、螺纹连接的射频同轴连接器 (7-16 型)》GB/T11313.4 的规定。

2.1.5 绝缘电阻

主馈电缆、功率分配器（在无短路点情况下）、分馈电缆等各分项绝缘电阻值应不小于 500M Ω （晴朗干燥条件下），天线单元（在无短路点的情况下）绝缘电阻应不小于 50M Ω 。

2.1.6 电缆电气长度

双馈天馈线系统在相应的频率上工作，主馈电缆电气长度的差值 $\leq \lambda/72$ 。

2.1.7 功率分配器

功率分配器是将信号源的功率分别馈送给多个分支

电路（负载），进行功率分配的射频器件。其输入端和输出端要分别进行阻抗匹配，输入端阻抗 $50\ \Omega$ 。

现阶段实际工作中又以四功器（4：1 变阻器）、八功器、六功器、二功器较为常用，变阻器由 2-4 节长度为 $\lambda/4$ 的变阻线构成。

2.2 天线系统的安装

①必须按照施工图纸的技术标准参数进行安装，以确保安装质量。首先是各个功分器要按照编号一一对应。其次是接插件的插拔力合适（接触良好是统一标准）。另外，连接头要进行水密、气密的防护密封措施，馈管防止湿气进入要保持干燥。

②安装完成后进行复核检测，一般使用扫频仪或网络分析仪进行驻波比指标检测（易疏忽点：监测数据应保留，作为维护基本对照参数）。此外，卡具还要针对不同天线的特点来准备，例如：

a. 双偶极子天线，通常情况下采取的都是电气下倾的方式，天线垂直安装就可以，但是在组网的时候，要求预留大角度下倾调节，就需要采用机械下倾。

b. 天线单元板层与层之间的间隙：150~200mm 之间。

最下层单元板与平台围栏的距离不得小于 2000mm。

最上层单元板与其它频道天线及障碍物的距离不得小于 1500mm。

c. 根据系统覆盖区域的需要，上层四块单元板天线可向适当地面倾斜。

d. 吊装主馈电缆时，切忌只将绳索固定在电缆头或电缆某一处，而应将电缆每 2.5m 处，用馈管专用卡具固定，以防电缆损坏。

e. 馈电电缆弯曲半径不得小于主馈电缆特性弯曲半径。法兰连接时，应注意螺钉均匀旋紧。

所有部件连接好，经测试达到要求后，用密封胶将系统中各连接处封好。在将系统各部件与铁塔固定牢固时，要观察系统驻波比的变化情况。如发现驻波比严重变化，则必须停机，并检查是否有松动、损伤或漏水现象。天线安装是天馈线系统实施中特别重要的一个过程，也是有可能会影响系统稳定性的重要过程。

③天线密封是保证系统稳定性的重要一步。在防水密封方面要严格遵循操作规程进行：天线单元板预留排水孔，所有排水孔垂直朝下。

密封规程：

①天线与电缆接头连接时，先注入防水螺纹胶（704 硅胶）；

②缠绕自粘填充胶条；

③缠绕防水绝缘胶带；

④套入厚壁热塑管热缩；

⑤热缩管端口处填入 704 硅胶。

2.3 天馈线系统的维护

维护中比较重要的几个点：

①每天都要进行常规的电驻波比数值变化，每隔固定时间要进行馈管输入端驻波比数据监测。

②特别注意的是在雨天和雪天以及大雾等天气变化下，要对铁塔和天馈线系统的牢固度、稳定性、锈蚀度进行检查。

③馈管长期要保持干燥，在一些多雨、潮湿地域和夏冬季节，要保持每天的检查。

④时刻备用气密、水密等密封处理的原材料及备用件。

2.4 天馈线系统的典型故障

2.4.1 安装后天线系统驻波比大

检查天线系统各接口是否接触良好，如果接触不良，请处理之后重新连接。在塔上测试天线的驻波比，如果驻波比大，将天线卸到地面重新调试。

2.4.2 使用一段时间后驻波比变大

有可能是馈管与各个配件接口松动或者是接触不良所导致。应该检查以下几个重点接口：

①馈管与发射机

②馈管与多工器

③馈管与功分器

④法兰盘接口和内芯

检查是否发生打火，的接口处是否接触良好，有无打火，插芯有打火的要予以更换。检查、拆换部件要进行重新密封处理，如果接触不良，处理之后要重新连接，检查馈线驻波比，定位驻波比故障点。

2.4.3 驻波比突然变得非常大

检查天线系统是否开路（本天线为短路天线），如果发现开路，需要及时检查主馈线是否断路。

还要考虑的是天馈线系统是否进水，所谓的进水是在密封不好的情况下，潮湿空气和雨水会慢慢地从各个接口处浸入进去。如果一旦发现天馈线系统进了水，就要逐步进行检查。断开主馈管和发射机、功分器的接头，馈管塔上的一端接上标准的匹配负载，馈管机房的一端接扫频仪，看主馈管的驻波比是否变大。如果变大，证明主馈管进水，就要对馈管进行处理。首先，如果可能，想办法将馈管里的水排出，再将机房里的空气干燥机（充气机）和馈管的充气口连接，同时将另一端的充气口打开，至少开动充气机 6 小时以上，观察驻波比是否正常，未正常仍需要继续充气干燥直至恢复正常。恢复正常后各个接口重新进行密封性处理。

2.5 天馈线系统的故障排除

如果主馈管驻波比正常，那就要检查其他部件。去掉测试用的匹配负载，主馈管接功分器的输入端，功分器的输出端接标准负载，馈管的机房端接扫频仪测试驻波比。如果驻波比大，说明功分器可能进水，需要用电吹风把它

吹干。等驻波比符合要求后,去掉匹配负载,接上天线和发射机,再做好密封处理。

对于天馈线系统,要保证其正常工作,并保证使用寿命较长,必须注意以下几点:

①选购发射天线时,选择终端短路的天线振子要比终端开路的天线振子在抗雷电性能上要好些。

②注意馈线和分支电缆以及连接头的功率容量,并保证系统防止因个别器件的功率容量不足而降低整个系统的可靠性。

③对于天馈线系统,需要充气,以防止外界水分或潮气进入主馈线,降低其绝缘性能。

④对于长期潮湿、冬天容易裹冰的天线,最好采用带电热丝加热的振子,持续加热,以防止改变电气和机械参数,影响寿命。

3 结束语

电视调频广播天馈线系统是将发射机输出的高频电流转换成电磁波,并向空间有效传输,以满足覆盖区域范围内所需信号场强,进行电视和调频发射的重要环节,天馈线系统的好坏直接影响到电视和调频广播节目的播出质量和视听效果。目前,就基层发射台日常技术维护来讲,天馈线

系统自主维护的力量相对薄弱,需要对相关技术指标和常见技术维护加以重视,以保障整个发射系统的稳定和安全。

[参考文献]

[1]倪世兰,钱岳林.电视与调频发射技术[M].北京:中国广播电视出版社,2005.

[2]文一平,陈小珊.调频广播天馈线系统的改造[J].Radio & Tv Broadcast Engineering, 2006(7):124-125.

[3]燕鹏辉.调频发射机的故障分析与维护管理[J].西部广播电视,2020(3):2.

[4]赵政宇.调频发射机的故障分析与维护管理策略[J].电脑编程技巧与维护,2021(4):173-175.

[5]刘茂盛.电视,调频天馈系统的维护与管理(一)电视,调频天馈系统密封工艺浅谈[J].广播与电视技术,2000,27(7):5.

[6]孙兴锐.电视调频天馈线系统的使用与维护[J].科技促进发展,2010(4):1.

作者简介:田甜(1986.7-),女,汉族,大学本科学历,内蒙古赤峰,目前职称:工程师,从事广播电视技术和调频发射相关工作。